

# نکاتی در عملیات حرارتی<sup>1</sup>

## قسمت دوم: کنترل اتمسفر کوره

ترجمه: محمدحسین نشاطی  
شرکت توسعه فولاد آلیاژی ایرانیان

چه برای خنثی بودن و چه برای سخت کاری سطحی، پایش و کنترل اتمسفر دائماً در حال تغییر کوره برای کیفیت خوب قطعه کار بسیار مهم است.

ترکیب اتمسفر کوره به طور مداوم در حال تغییر است، بنابراین برای اطمینان از کنترل کیفیت خوب باید از دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل استفاده کرد. به طور خاص، برای اتمسفرهای طراحی شده برای کار در حالت "خنثی"، اجتناب از دکرپوره و/یا کربوره کردن برای عملکرد مناسب قطعه مهم است. این امر با اطمینان از اینکه یک یا چند روش کنترل زیر در حال پایش و/یا کنترل فرآیند هستند انجام می‌شود:

نقطه شبنم، °F (°C)	بخار آب (ppm)
+46 (+8)	10590
+25 (-4)	4320
0 (-18)	1240
-40 (-40)	127
-90 (-68)	3.4

توجه: 1.04٪ رطوبت = ppm10590 بخار آب = +46°F نقطه شبنم

• آنالیز نقطه شبنم

• آنالیزکننده مادون قرمز (آنالیزکننده‌های تک یا چندگازی)

• پروب اکسیژن (کربن)

روند امروزه استفاده از ابزار اندازه‌گیری چندگانه برای بدست آوردن دقیق‌ترین

تصویر لحظه‌ای از اتمسفر در زمان واقعی است.

نقطه شبنم، °F (°C)	1500°F (815°C)	1600°F (871°C)	1700°F (926°C)
+30 (-1.1)	1.10	0.80	0.55
+40 (4.4)	0.85	0.60	0.40
+50 (10)	0.60	0.40	0.27

چه برای خنثی بودن (بی‌اثری) و چه برای سخت کاری سطحی، تعدادی از

متغیرها تعیین می‌کنند که کوره چقدر خوب وظیفه خود را انجام می‌دهد. در کل

چرخه برای فرآیند بسیار مهم است که درصد دی‌اکسید کربن، اکسیژن و بخار آب و

نسبت گاز غنی‌سازی (یا هوا) به گاز حامل را کنترل کرد. برای مثال، کربن سطح را

می‌توان با اندازه‌گیری یک یا چند مورد از این ترکیبات در حدود  $\pm 0.10$  درصد

کنترل کرد.

## کنترل نقطه شبنم

نقطه شبنم به صورت دمایی که در آن بخار آب شروع به میعان می‌کند تعریف می‌شود. به ساده‌ترین عبارت، یک آنالیزکننده نقطه

شبنم میزان بخار آب موجود در اتمسفر کوره را اندازه‌گیری می‌کند (جدول 1). سپس می‌توان از این اطلاعات برای تعیین پتانسیل

کربن اتمسفر استفاده کرد (جدول 2). اگر انجام آن مستلزم کشیدن نمونه گاز از کوره به داخل دستگاه باشد، به عنوان یک روش

اندازه‌گیری غیرمستقیم لحاظ می‌گردد.

تعیین نقطه شبنم اگر به درستی انجام شود، یک روش ساده و دقیق اندازه‌گیری اتمسفر است و شرایط داخل مولد اتمسفر یا

کوره عملیات حرارتی را نشان می‌دهد و به ما می‌گوید آیا واکنش پایدار است یا ناپایدار (نقطه شبنم ثابت یا نقطه شبنم متغیر در

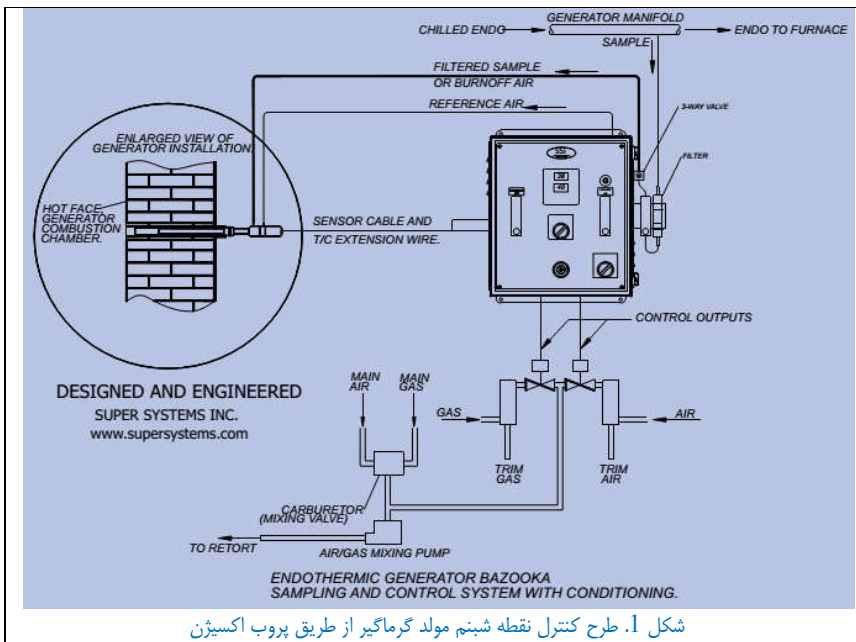
طی زمان). این می‌تواند به ما بگوید که چه زمانی بستر کاتالیزور در مولد گاز گرماگیر شروع به ایجاد دوده می‌کند و آیا نشأت آب،

نشأت هوا یا عدم یکنواختی ("تنفس") اتمسفر داخل کوره وجود دارد.

انواع موجود آنالیزکننده نقطه شبنم شامل سنسورهای ظرفیت، آینه‌های مبرد و محفظه‌های مه (Alnor<sup>®</sup>)، جام شبنم (dew

cup) است. میعان یک مشکل برای همه دستگاه‌های نقطه شبنم است اگر دمای نمونه از نقطه شبنم گاز کمتر باشد. یک راه‌حل،

<sup>1</sup> - Considerations in Heat Treatment, Part Two: Furnace Atmosphere Control, Industrial Heating - December 2009



شکل 1. طرح کنترل نقطه شبنم مولد گرماگیر از طریق پروب اکسیژن

ردیابی حرارتی خطوط نمونه است. اگر دمای محیط بیش از  $105^{\circ}\text{F}$  ( $\sim 40^{\circ}\text{C}$ ) باشد (همانطور که معمولاً در کارگاه‌های عملیات حرارتی انجام می‌شود)، ابزارها قرائت دقیقی را نمی‌دهند مگر اینکه اقدامات احتیاطی خاصی انجام شود. کنترل نقطه شبنم را می‌توان با استفاده از چیدمان پروب اکسیژن نیز اندازه‌گیری کرد (شکل 1).

### کنترل مادون قرمز

آنالیز مادون قرمز از طیف مادون قرمز (برای مثال نور در وسط طیف محدوده "مرئی" است) برای آنالیز نمونه گاز و

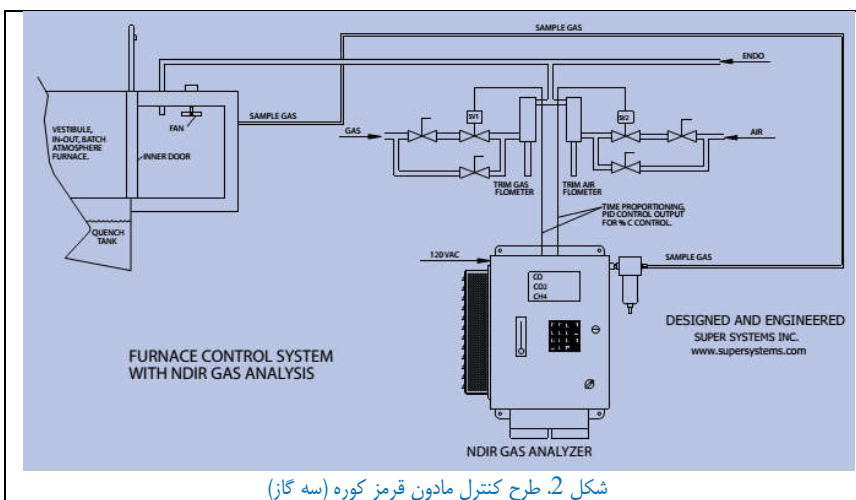
تعیین درصد ترکیبات موجود در اتمسفر کوره استفاده می‌کند. آنالیزکننده‌های تک گازی (مونوکسیدکربن) یا چندگازی (دی‌اکسید کربن، مونوکسیدکربن، متان) وجود این گازها در اتمسفر کوره را تشخیص می‌دهند. میزان دی‌اکسید کربن در کوره روش غیرمستقیم دیگری برای اندازه‌گیری پتانسیل کربن اتمسفر است.

جدول 3. داده‌های میدانی معمول برای یک مولد گاز گرماگیر در حال کار [1,2]

توکیبات	ربع اول	ربع دوم	ربع سوم	ربع چهارم
% CO	19.02	19.66	19.32	19.21
% CO <sub>2</sub>	0.260	0.252	0.254	0.257
% CH <sub>4</sub>	0.07	0.08	0.09	0.09
نقطه شبنم مولد، °F	+39	+39	+40	+39
نقطه شبنم در ورودی کوره، °F	+37	+38	+38	+38
نقطه شبنم منطقه‌ای (Z1-Z4)، °F [3]	+40 to +42	+40 to +42	+40 to +42	+40 to +42

توضیحات: [1] 3000 CFH (85 m<sup>3</sup>/hour); [2] خوراک گاز طبیعی; [3] سخت کردن با اتمسفر خنثی

امروزه از آنالیزکننده‌های مادون قرمز سه گازی برای پایش محتوای مونوکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن و متان مولدها (جدول 3) و کوره‌ها (شکل 2) استفاده می‌شود. گازهای جداگانه تابش مادون قرمز با طول موج‌های بسیار خاص را جذب می‌کنند. میزان جذب با غلظت گاز افزایش می‌یابد. این واحد با این اصل کار می‌کند که یک نمونه گاز از یک سلول عبور نموده که در آن سیم گرم شده مادون قرمز با طول موج شناخته شده را ساطع می‌کند. این سنسور انرژی مادون قرمز اندازه‌گیری شده را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. این مقادیر معمولاً با مقادیر بدست آمده با گاز مرجع مقایسه می‌شوند. آنالیزکننده‌های مادون قرمز به پاسخ سریع مشهورند و به راحتی کالیبره می‌شوند.

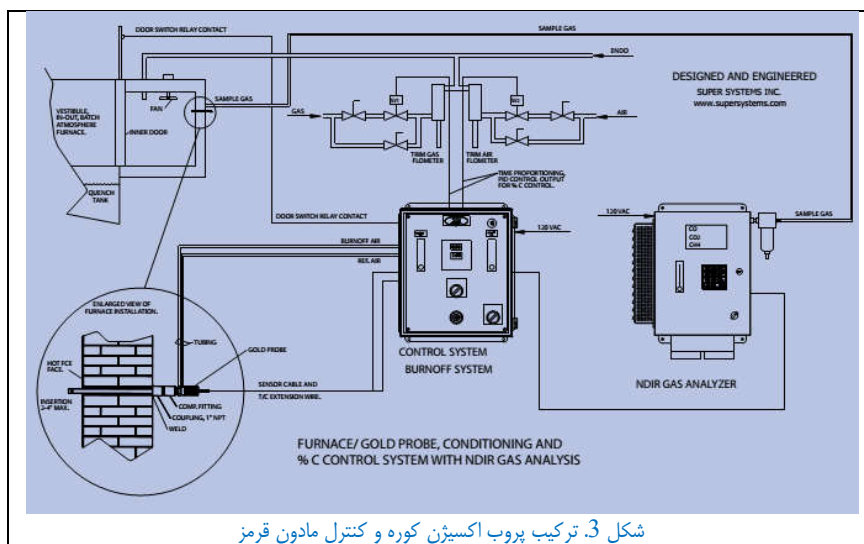


شکل 2. طرح کنترل مادون قرمز کوره (سه گاز)

## کنترل پروب اکسیژن

پروب اکسیژن (یا کربن) دستگاهی در محل است که شبیه ترموکوپل اندازه‌گیری دما است و به طور معمول در داخل کوره، داخل مولد بالای بستر کاتالیزور یا در یک "چاهک" گرم شده جداگانه‌ای قرار دارد که در آن اتمسفر کوره پمپ می‌شود. در هر مکان،

پروب اکسیژن تغییرات اتمسفر کوره را اندازه‌گیری می‌کند. اختلاف در فشار جزئی اکسیژن در اتمسفر کوره و فشار جزئی اکسیژن در هوای اتاق باعث ایجاد ولتاژ - نیروی محرکه الکتریکی یا EMF - در سراسر الکترودها در پروب می‌شود. در هر دمای معین، رابطه مشخصی بین ولتاژ خروجی و پتانسیل اکسیژن اتمسفر وجود دارد. پتانسیل اکسیژن می‌تواند تناسب مستقیمی با پتانسیل کربن داشته باشد. بنابراین، پتانسیل کربن اتمسفر کوره را می‌توان با پایش دمای کوره و خروجی پروب کنترل کرد.



شکل 3. ترکیب پروب اکسیژن کوره و کنترل مادون قرمز

پروب اکسیژن از یک سنسور سرامیکی رسانای ساخته شده از اکسید زیرکونیوم ( $Zr_2O_3$ ) استفاده می‌کند که می‌تواند به صورت در محل در داخل کوره نصب شود (شکل 3). محدوده عملکرد بین  $1200^{\circ}F$  ( $650^{\circ}C$ ) و  $1800^{\circ}F$  ( $980^{\circ}C$ ) است. از پروب-های اکسیژن می‌توان برای انواعی از گازها استفاده کرد، اما لازم است برای اتمسفر خاص مورد استفاده کالیبره شوند. آنها دستگاه-هایی با پاسخ سریع هستند و در معرض آلودگی توسط کربن یا روی قرار دارند. وقتی در کاربردهای کربونیتزیده کردن مورد استفاده قرار می‌گیرند، وجود آمونیاک باعث کاهش عمر پروب می‌شود.

داده‌های معمول پروب اکسیژن برای کوره نوار نقاله مش (جدول 4) که با سرعت 4000 pounds/hour (1815kg/hour) کار می‌کند، انحراف

جدول 4. تنظیمات کنترل - کوره نقاله تسمه مش

فولاد	فرآیند	مقادیر تنظیم شده (پروب اکسیژن)، %C	مقادیر واقعی (پروب اکسیژن)، %C
10B21	کربونیتزیده کردن	1.05	0.69-0.83
1038	سخت کاری در اتمسفر خنثی	0.38	0.19-0.34

از مقادیر تنظیم شده را به دلیل شرایط غیرتعادلی موجود در کوره نشان می‌دهد.

## احتیاط‌های مهم

در مواردی، داده‌ها بر اساس مکان‌های نامناسب برداشت نمونه تجزیه‌وتحلیل شده و تنظیمات بر اساس ابزار دقیقی که به صورت مناسبی کالیبره نشده و/یا محل‌های برداشت نمونه که به طور کامل به محفظه کوره امتداد ندارند انجام گردیده‌اند. اشتباهاتی از این دست می‌تواند هم برای تجهیزات و هم کیفیت قطعات مخرب باشند.

## مراجع:

- Herring, D. H., Understanding Furnace Atmospheres, Atmosphere Operation and Atmosphere Safety, Heat Treating Hints, Vol. 1 No. 7.
- Mr. James Oakes, Super Systems, Inc.(www.supersystems.com), private correspondence.